作物重金屬污染的成因與影響

◎農試所農藝系　林義恭、張同吳、劉新裕

一、前　言

礦物質為人體五大營養素之一，其含量約佔人體體重之4.7%，遠低於水分之68.0%、蛋白質之14.4%及油脂之12.5%，卻多於醣類之0.4%。人體內礦物質之種類很多，約有二十多種，其中的14種為人體所必需，如磷、鉀、鈣、鎂、鈉、硫及氯等7種大量元素，以及鐵、錳、銅、鋅、鈷、鉬、與碘等7種微量元素。各種元素均有一或多種特殊的生理作用，在生物體中承擔各種特殊的生理功能。惟隨著人類文明的快速進展，逐漸地亦將不少有毒的重金屬，從地殼深處帶到人類生存的環境中，這些重金屬不但對人體生理機能不具益處，而且在有機體內具有蓄積作用，小劑量就可以顯現毒性，造成污染與危害，其中影響最嚴重的為鎘、鉛與汞三種重金屬，人們在日常飲食中，尤其是服用藥物時，不可不加強預防及加以排除。

二、植物中重金屬的來源

種植一般作物或藥用植物的生長環境，若遭到來自水源、施肥及空氣落塵等重金屬污染，將使重金屬積存於植物的根、莖、葉和果實中；此外，中藥製劑中重金屬的污染，除了部份不當添加外，經由生藥的修製、水製、火製或水火共製等過程，以製成藥材，或者是在製造科學中藥的過程，都可能遭致重金屬的污染。作物植體內重金屬的產生及其含量，與土壤中重金屬的含量與型態、作物之類別與品種、土壤之質地、酸鹼性(pH)與還原電位(Eh)、以及田間環境與管理方式等皆有相關。例如銅在植物體中被吸收後，其含量的累積一般以根部最多，莖次之，葉再次之[2]，此對於需利用藥用植物根部的消費者而言更要加以留意。以水稻植體各部份為例，銅含量的大小依次為稻根(88%)、莖葉(6%)、稻殼(2.6%)、糙米(1.8%)、及白米(1.5%)；銅在短期葉菜類如青江白菜中的移動速率較水稻快，故累積在地上部可食部分的量可能會稍多[3]，短期香料作物則藉由土壤pH值之調高，或可稍控制銅被積存到葉中的量[3]。

根據進出口資料可知，每年進口中藥材之金額超過新台幣200億元，惟由1996年行政院衛生署藥物食品檢驗局調查研究年報可知，部份進口中藥材已遭受重金屬的污染，在11類不同用途共計103種大陸中藥中，有4件的砷含量偏高，有2件之鉛、銅、鎘、汞

作者：林助理研究員義恭
聯絡電話：(04)3302301轉131

、砷合計超過100ppm；4件砷含量偏高的中藥方劑中，以四物湯的重金屬含量明顯較低。由於個別重金屬對人體毒性不盡相同，因此以總重金屬含量100ppm為中藥廠的廠內規格上限，似有修正之必要[8]。

三、重金屬在本省農業土壤中的分佈

要針對已受重金屬污染的土壤加以改良或處理，首先需了解不同重金屬在土壤各組成分的可能分佈情形。重金屬在土壤中存在的型式有以下兩類，Sposito等人(1982年)將其區分為1.交換性2.吸附性3.有機物性4.硫化物5.碳酸鹽類[14]，而Shuman (1985年)則區分為1.交換性2.有機物性3.游離氧化物 (含結晶氧化物、無定型氧化物及錳氧化物)4.殘存於固體礦物質粒子中 (即Residual fraction, 有砂粒、坋粒及粘粒)。由Shuman的研究結論可知：錳主要存在於有機物及錳氧化物，銅鋅則存在於結晶氧化物、坋粒或粘粒中[13]。LeClaire等人(1984年)將土壤各部份的重金屬萃取量與大麥葉片的重金屬含量作相關分析，顯示水溶性鋅、有機物部份之鋅與EDTA所萃取的鋅含量，均與葉片鋅含量有顯著相關[11]。

以本省13個代表正常農業土壤地區的土壤，以及50個採自已受鎘、鋅污染的紅壤水田樣品作為材料，按照Shuman區分為1.交換性2.有機物鉗制3.游離氧化物4.殘存於固體礦物質粒子中等四部份，來研究鎘、鋅在台灣農業土壤的分佈，研究結果指出：鋅在自然紅壤中主要存在於游離氧化物(佔70%)，其次係在殘存部份礦物質粒子中(佔20%)，鋅在自然砂頁岩、粘板岩及片岩沖積土中，則主要存在於殘存部份礦物質粒子中(佔80%)，在游離氧化物部份較少(佔10-18%)。鋅在受污染的紅壤水田中，主要存在於殘存部份礦物質粒子中(佔55%)，游離氧化物部份佔35%，交換性部分之量佔10%；鎘在正常農業土壤中的含量甚微，鎘在在受污染的紅壤水田中，主要存在於殘存部份礦物質粒子中(佔45%)，而在交換性、有機物或游離氧化物部份的量約略相當(各佔15-20%)，共佔55%[6]。

另以本省12個受污染地區的農地土壤為材料的重金屬研究，發現多數重金屬分佈在表土0-20cm中，並且土壤深度增加，其含量遞減，下列5種元素的移動性或有效性互異，依大小順序為鎘、鉛、鎳、銅、鋅。土壤pH值會影響重金屬的可溶性，pH低時，土壤中交換性銅、鋅的成分增加，因此在改善受重金屬污染的農田時，提高土壤pH值，似可稍減低作物吸收重金屬銅鋅的量[1]。而且重金屬銅在鹼性土壤中較易被粘粒所吸附，或發生沉澱作用，因此不易為作物所吸收[3]。

四、有機肥料之施用與重金屬污染

譚氏等(1998)以本省5個地區之有機肥料田與化學肥料試驗田的蔬果作物為材料，針對四種市售主由禽豬糞、豆粕、米糠和蚵殼粉堆製成的有機肥料施用區是否含有過量的重金屬元素，研究結果指出：使用米糠及禽畜糞堆肥的有機肥施用區土壤中，鋅可抽出含量略為增加，雖增加之量不多，但仍需注意禽畜糞中的銅、鋅含量在本省農田累積程度[9]。一般在無污染土壤的銅含量為20-30ppm，正常植物體中的銅為3-10ppm[2]，但在北部一處有機栽培區土壤樣品中銅含量為40ppm，東部一處有機栽培區銅含量為43

ppm，而在上述二相同地點的化學肥料施用區中，則分別僅為14及27ppm[9]。

國外相關文獻亦指出，在1995及1996年的挪威東南區農地(土壤分類為Alum shale soil)，各種植小麥和大麥，並施用牛糞(cow manure)、豬糞(pig manure)和泥炭土(peat soil)等3種處理，供進行標的重金屬鎘 、銅、鎳與鋅之檢驗分析與比較。研究結果為：(1) 施用有機物的重金屬的可能效應，係依據重金屬種類、有機物種類和施用時間而異。(2)小麥或大麥穀實(grain)和稈(straw)中重金屬銅含量，隨有機物施用之比率增加而增加；穀實中鎳含量卻隨豬牛糞施用比率增加而降低，但隨泥炭土施用比率增加而增加。(3)自1994年施用有機肥，至1995年及1996年，即施用後第2及3年，待有機質分解後，才可檢測出由DTPA萃取之金屬成分，因為有機物質分解後，那些結合在有機物質中的金屬成分才得以釋出。(4)施用豬牛糞後，DTPA萃取之鎘和鎳含量降低，鋅含量會增加，而施用泥炭土後，DTPA萃取之銅、鋅及鎳含量會增加，這可能與施用泥炭土可導致土壤中pH值降低，或有關連[10]。

五、重金屬污染的影響

在各種重金屬，如鎘、鉛、銅、鋅、鎳、汞、砷、鉻及錳等，因其在土壤中移動性小，極易在土壤中累積，藉由植物體之吸收及被食用，為害人體健康，因為一般重金屬在人體中的代謝極緩，且小劑量就可以顯現毒性，所以將嚴重危害人體健康。如重金屬鉛可與人體的腦部中樞神經系統結合，如果長期服用含鉛藥物，將會積存在腦部，使腦部受損而智力減退，鉛並非人體需要的元素，過量的鉛亦會引起胃腸機能障礙與貧血等。攝取過量的鎘和鉻對人體有全身性的毒性；攝取過量的錳則會破壞人的中樞腦神經系統，成人及小孩均會產生嚴重的不良影響；過量的銅可導致人體黏膜的刺激與腐蝕，並引起中樞神經及肝腎中毒；過量鋅會造成嘔吐，腹痛等中毒現象；過量鎳可導致口腔癌、咽癌、直腸癌、及肺癌，亦可引起皮膚過敏、過敏性濕疹等[5]。若中藥含有重金屬成分，經攝取後會在體內造成蓄積作用，尤其對嬰孩的害處更為嚴重，近年來有關嬰兒鉛中毒事件，經追蹤發現係肇因自所服用的八寶散所致，此製劑內含過量的鉛，新生嬰兒因為抵抗力較弱，中毒症狀立刻顯現，而且嬰兒的生活環境和飲食十分單純，因此可以立即查明原因[8]。

六、飲食中人體可接受的重金屬攝取量

聯合國國際農糧組織與世界衛生組織(FAO/WHO) 於1973年制訂了人體對毒物每日可接受取食量(Acceptable daily intake,簡稱ADI)之安全規則，其內涵為：根據目前所得的安全知識，在整個生命過程中，人體每日接受低於一定劑量之某種化學物質，不致因而會受到毒害，其單位為每公斤體重可攝取之微克數 (μ g/kg b.w./day)。例如成人每天對銅的攝取量不可多於2000μ g，鋅為12,500～15,000μ g，砷為100μ g，鎘為48-60μ g，汞為35.5μ g，鉛為357.5μ g[2,4]。

根據1992年本省農業藥物毒物試驗之研究報告，在687個作物總樣品數中，田間米類佔50%、果菜類佔13%、葉菜類佔21%、根菜類佔16%，分析其植體內8種重金屬之含量，發現鋅的含量最高，銅、鎳、鉛次之

表一、國人取食之不同類作物重金屬含量

(單位：μg/g)*

重金屬	米類	果菜類	葉菜類	根菜類	麵粉類
砷	0.15	0.01	0.01	0.01	0.009
鎘	0.06	0.02	0.02	0.04	0.04
鉻	0.14	0.05	0.002	0.006	0.009
銅	2.16	0.67	0.39	0.57	3.92
汞	0.001	0.004	0.003	0.006	0.009
鎳	0.47	0.18	0.18	0.31	0.28
鉛	0.37	0.40	0.31	0.49	0.56
鋅	34.09	5.27	3.20	5.21	4.35

*摘自林等(1992)[4]。

表二、國人每人每天之重金屬攝食量及人體每日可接受取食量之比較*

重金屬	攝食量 (μg/person/day)	ADI標準 (μg/person/day)
砷	23.2	100
鎘	32.8	48-60
鉻	30.7	---
銅	1,857.0	---
汞	4.5	35.5
鎳	202.7	---
鉛	339.6	357.5
鋅	7,555.0	12,500.0

*摘自林等(1992)[4]。

，其他金屬如砷、鎘、鉻、汞的含量極低，米類因水分含量標準係13%，較其他類作物低，因此總重金屬的含量較其他類作物爲高，國人取食的作物重金屬含量詳如表一所示，由於我國作爲麵粉原料的小麥大部份係由美國進口，因此以美國小麥中重金屬含量作爲表一中麵類中重金屬含量之數據依據[4]。

另由農業藥物毒物試驗所之試驗結果可知：我國國民經由米類、蔬菜、麵類所攝取的重金屬量與ADI標準值比較如表二，大部份重金屬的每人每日攝取量均低於ADI標準值[4]。

七、結　論

重金屬在人體中的代謝緩慢，毒害卻大，如長期服用含鉛藥物，將會使腦部受損而智力減退；過量的鎘和鉻會引發人體全身性的毒性；過量的錳會破壞人體中樞神經系統；過量的銅可導致人體黏膜的刺激與病變，並引起中樞神經及肝腎中毒；過量鋅會造成嘔吐，腹痛等現象；過量鎳可導致口腔癌、鼻咽癌、直腸癌、及肺癌等。

一般農作物或藥用植物生長的環境應避免遭到來自灌溉水、施用有機肥料、工廠污染及空氣落塵等所致的重金屬污染；另外，藥材中重金屬的來源，除了部份製劑係添加不明成分之外，在修製過程或在製造科學中藥的過程，都應防範可能造成的任何重金屬污染。

一般重金屬在植物體中的累積以根部最多，而藥用植物之根部又經常被利用爲藥材，因此，藉由現代的檢驗技術與科學化的栽培管理，使重金屬無所遁形，並將其污染減至最低程度，這是農作物或保健藥用植物開發與利用的一項重要課題。